

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Werkstoffkunde und
Technologie (Vorsteher: Prof.Dr.H.MARX) der Klinik und
Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vergleichende Härteuntersuchungen von Kunststoffen
für Kronen- und Brückenverblendungen
mit Hilfe einer optischen Härtemeßmethode

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Féter Remek
aus Rákosliget/Budapest

Mainz 1975

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Werkstoffkunde und
Technologie (Vorsteher: Prof.Dr.H.MARX) der Klinik und
Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vergleichende Härteuntersuchungen von Kunststoffen
für Kronen- und Brückenverblendungen
mit Hilfe einer optischen Härtemeßmethode

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Péter Remek
aus Rákosliget/Budapest

Mainz 1975

Fachbereichsdekan: Professor Dr. K. Fuhr
Referent : Professor Dr. H. Marx
Korreferent : Professor Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen Prüfung:

Meinen Eltern
gewidmet.



Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung und Fragestellung	1
1.1.	Härtemessung der dentalen Kunststoffe	2
1.2.	Die neue Kleinlast-Härtemeßmethode nach MÜLLER	4
2.	Eigene Untersuchungen	7
2.1.	Herstellung der Prüfobjekte	7
2.2.	Die Verarbeitung der Kunststoffe	8
2.3.	Die einzelnen Herstellungsverfahren	9
2.4.	Vorbereitung der Prüfobjekte	11
2.5.	Zeitpunkte der Härtemessungen	12
2.6.	Festlegung der Prüfpunkte und optische Messungen	13
2.7.	Statistische Auswertung	15
2.8.	Ergebnisse und Diskussion	31
3.	Zusammenfassung	36
3.1.	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	37
3.2.	Literaturverzeichnis	38



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554413_0118

1. Einleitung und Fragestellung

Die Verwendung von Kunststoffen in der Zahnheilkunde als Verblendung von Kronen und Brücken nimmt in den letzten zwei Jahrzehnten immer mehr zu. Da die Verarbeitung einfach und schnell ist und die finanzielle Belastung des Patienten dadurch in Grenzen gehalten werden kann, ist der Kunststoff heute kaum aus der Zahnheilkunde fortzudenken.

Trotz der breiten Verwendung darf man aber nicht vergessen, daß noch viele Probleme offen sind und viele Wünsche von seiten der Zahnärzte, der Techniker und der Patienten nicht erfüllt werden konnten.

Da der Kunststoff in der Mundhöhle chemischen, mechanischen und thermischen Einflüssen ausgesetzt ist, gibt es noch viele ungelöste Probleme. Ein Hauptproblem ist das Festigkeitsverhalten der Kunststoffe in der Mundhöhle.

Die Problematik ist nach MARX (1), ein geeignetes Prüfverfahren zu suchen, wodurch eine zuverlässige Aussage über die Härte der Kunststoffe gegeben werden kann.

Die Entwicklung der Kleinlast-Härtemeßmethode auf der Basis des Vickers-Verfahrens durch K. MÜLLER (2), Darmstadt, gibt uns Hoffnung, einen Teil des Problems zu lösen.

In meiner Doktorarbeit beschreibe ich die Härteprüfung von fünf Verblendkunststoffen, die mit vier verschiedenen Verfahren verarbeitet wurden, nach der Kleinlast-Härtemeßmethode von MÜLLER (2).

1.1. Härtemessung der dentalen Kunststoffe

Die Härtemessung der dentalen Kunststoffe ist nicht problemlos. Die Schwierigkeit resultiert nach MÜLLER (2) aufgrund des Fehlens einer exakten, physikalischen Definition der Härte, die mit dem Fehlen eines physikalischen Gesetzes verbunden ist.

Das fehlende physikalische Gesetz und dynamische Momente sind nach WEINGRABER (3) die Ursache, daß man noch nicht in der Lage ist, die absolute physikalische Härte der Kunststoffe zu bestimmen.

Die verschiedenen Härteprüfverfahren, die in den letzten drei Jahrzehnten angewandt wurden, konnten dieses Problem nicht lösen.

Das älteste Verfahren ist die Ritzhärteprüfung, die auf der mechanischen Verletzbarkeit der Kunststoffoberfläche beruht. Nach MARX (4) ist dieses Verfahren deshalb mangelhaft, weil keine gleichmäßige Ritzgeschwindigkeit eingehalten und wiederholt werden kann. Die Ritzgeschwindigkeit ist aber nach MOTT (5) maßgebend für die Breite des Ritzes.

Die "Härteprüfung durch Eindruckversuch" nach DIN 53456 ermöglicht nach MÜLLER (2), die Härteprüfverfahren von Kunststoffen zu reproduzieren und die Ergebnisse miteinander zu vergleichen. MARX (4) hat dieses Verfahren bei den dentalen Kunststoffen für grobe Orientierung der Härte angewandt. Dieses Verfahren berücksichtigt das Deformationsverhalten der Kunststoffe, wobei die Eindrucktiefe unter einer Last von 50 kg mit Hilfe einer mechanischen Meßuhr ausgemessen wird. Die Anwendung dieses Verfahrens ist beschränkt, da ein spezieller Prüfkörper von 4,5 x 4,5 mm Fläche und 4 mm Dicke erforderlich ist. Fehleindrücke sind optisch nicht erkennbar, wodurch irreguläre Ergebnisse entstehen können.

MARX (4) hat mit dem Kleinhärteprüfgerät "Durimet" die Eindruckdiagonale einer Diamantpyramide nach Vickers ausgemessen und nach der Formel $HV = 1854,4 (p/d^2)$ (kp/mm^2)

die Härte errechnet - Härteprüfung nach DIN 50133. Hier erfolgt nach Entlasten des Vickers-Diamanten das Ausmessen der Eindruckdiagonalen. Dadurch ist eine genauere Ausmessung möglich als dies bei dem Eindruckversuch nach DIN 53456 mit dem Kugeleindruck der Fall ist.

KAFALIAS (6) hat bei seinen Härteuntersuchungen bei Kunststoffen den Knoop'schen Diamanten benutzt.

Bei den genannten Methoden wird an das Deformationsverhalten der Kunststoffe gedacht, aber dieses nicht berücksichtigt, da die Auswertung nicht vor, sondern nach Entlasten des Eindringkörpers erfolgt. Dies ist der Grund dafür, daß die Ergebnisse mit zunehmender Elastizität des Kunststoffes unbrauchbarer werden.

MÜLLER (2) hat das Deformationsverhalten der Kunststoffe bei seinem Kleinlast- oder Mikroharteprüfverfahren berücksichtigt und dadurch die Härteprüfung der Kunststoffe aus einer wissenschaftlichen Sackgasse geführt. Er hat seine Forderungen in fünf Punkten zusammengefaßt:

1. Hartemessung unter Last wegen der vollständigen oder teilweisen Rückfederung von Kunststoffen.
2. Geometrische Ähnlichkeit der Härteeindrücke.
3. Kleine, aber genau meßbare Härteeindrücke.
4. Niedrige Belastung, um dünne Schichten erfassen zu können.
5. Keine oder möglichst geringe Abweichung gegenüber bereits bestehenden (wenn möglich genormten) Verfahren, um hinsichtlich der Härte bzw. des Härtebegriffs sowie meßtechnischer Erfahrung und Übung auf kostensparende Weise einen lückenlosen Anschluß zu erreichen.

Diese Forderungen von MÜLLER (2) wurden mit Ausnahme der ersten Forderung von den bisherigen Kleinlastharteprüfern mit dem Vickers- (DIN 50133) oder Knoop-Diamanten bereits erfüllt.

Mit der neuentwickelten Kleinlast-Härtemeßmethode und dem Härteprüfgerät "Optidur" konnte er diese Forderungen erfüllen und unter Last direkt die Härte optisch messen.

1.2. Die neue Kleinlast-Härtemeßmethode nach MÜLLER

Bei dieser Methode benutzt man einen pyramidenförmigen Eindringkörper, dessen Basisfläche optisch planpoliert ist. Mit Hilfe einer Beleuchtung kann man die Form des pyramidenförmigen Eindringkörpers durch das angebrachte Mikroskop ausmessen. Hier werden als Eindringkörper normale Vickers- oder Knoop-Diamanten verwendet, die im Gegensatz zu den früheren Verfahren auf der Basisfläche bearbeitet sind. Dadurch ist die optische Auswertung unter Last in Belastungsrichtung möglich (Abb. 1).

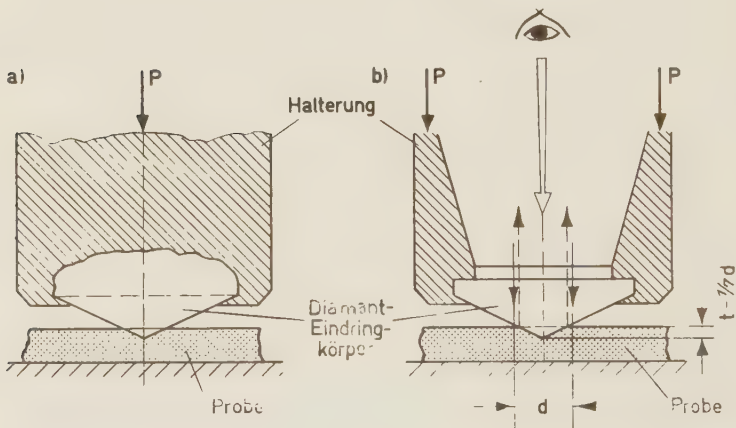


Abb. 1: Schema der Eindruckvorrichtung

- | | |
|--|---|
| a) Altes Verfahren:
Halterung des Diamanten mit unbearbeiteter Basisfläche. Ausmessung des Härteeindrucks nur nach dem Entlasten möglich. | b) Neues Verfahren:
Optisch bearbeitete Basisfläche des Diamanten gibt Durchsichtsmöglichkeit und Ausmessung unter Last. |
|--|---|

MÜLLER (2) hat bei seiner neuen Härtemeßmethode ein optisches Härteprüfgerät entwickelt, das von der Firma Göttfert⁺) unter dem Namen Optidur hergestellt wird (Abb. 2). Bei diesem Gerät sind Eindringkörper und Mikroskop voneinander getrennte Einheiten. Der Härteeindruck im Probekörper wird mit einer Dunkelfeld-Beleuchtungseinrichtung unter Last - durch den Diamanten hindurch - ausgemessen. Die Ablesegenauigkeit wird auf $1\text{ }\mu\text{m}$; $0,1\text{ }\mu\text{m}$ geschätzt, die Aufsetzgeschwindigkeit beträgt $80\text{ }\mu\text{m/s}$, die Eindruckdiagonalen haben eine Größe von $50 - 500\text{ }\mu\text{m}$ und eine Eindrucktiefe von $7 - 70\text{ }\mu\text{m}$ (2).

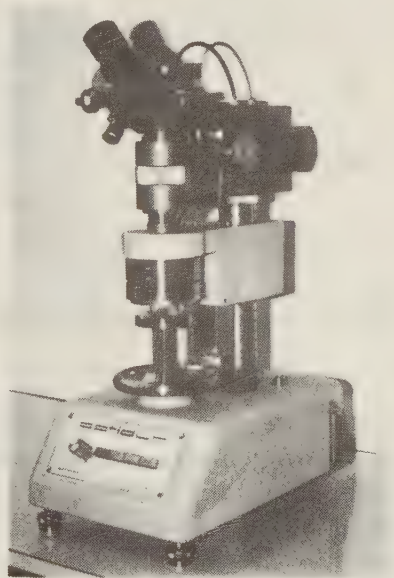
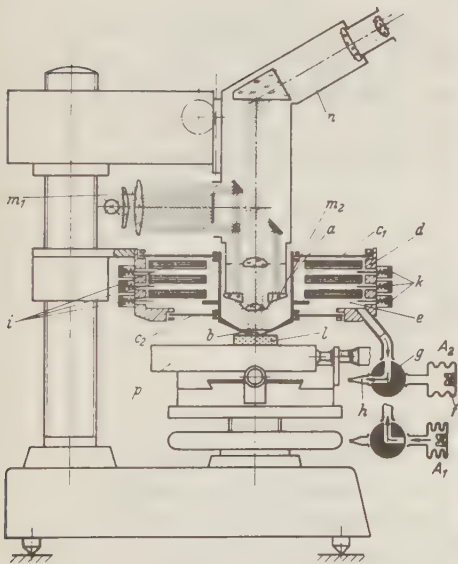


Abb. 2

a) Schematische Darstellung des Optidurgerätes nach MÜLLER (2)

b) Photo, Optidur, Firma Göttfert (MÜLLER (2))

⁺) Firma Göttfert-Feinwerk-Technik-GmbH,
6967 Buchen/Odenwald, Siemensstraße 2

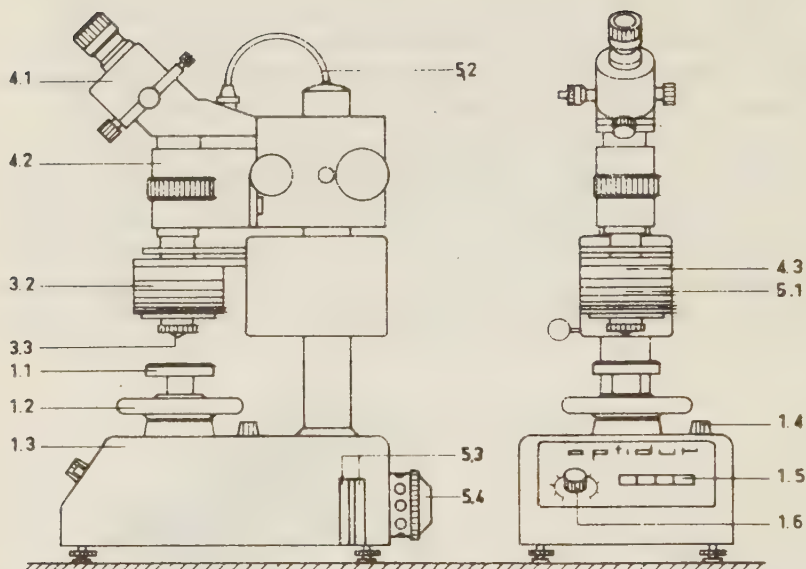


Abb. 3: Schematische Darstellung des Optidurgerätes
nach einem Manuskript von Firma Göttfert (15)

Die neuentwickelte Kleinlast-Härtemeßmethode auf der Basis des Vickers-Verfahrens von K. MÜLLER (2) entwickelt, wurde von H. MARX für die zahnärztliche Werkstoffkunde speziell empfohlen, wobei man für die Härteprüfung dentaler Kunststoffe das Optidur-Härteprüfgerät verwandte.

BREMSER (16) und KLEIN (17) haben bei dieser neuen Härtemeßmethode noch das Originalhärteprüfgerät von MÜLLER für die Härteprüfung dentaler Kunststoffe verwendet.

2. Eigene Härteuntersuchungen

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene im Handel vorkommende Kunststoffe untersucht, die nach vier unterschiedlichen Verfahren hergestellt worden waren (Tab. 1). Dabei sollte die Härte der Kunststoffe mit der Kleinlast-Härtemeßmethode nach MÜLLER (2) geprüft werden, und zwar mit dem Optidur-Härteprüfgerät, das von der Firma Göttfert hergestellt wird.

2.1. Herstellung der Prüfobjekte

Aus Phantom-Metall wurden Fassungen hergestellt, die nur der Labialfläche einer Verblendkrone entsprachen. Zur Retention der Kunststoffverblendungen wurden Gußperlen verwandt (Abb. 9). Die Fassungen wurden mit fünf unterschiedlichen Kunststoffen verblendet, die mit vier verschiedenen Verfahren polymerisiert worden waren. Pro Kunststoff und Verfahren sind drei Prüfobjekte hergestellt worden, insgesamt also 60 Prüfobjekte.

Tab. 1: Vier verschiedene Kunststoffherstellungsverfahren

Kunststoffe	Verfahren			
	Küvette	Hedent	Extramat	Staemat
Biodent K+B alt	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte
Biodent K+B 75	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte
Ivoclar	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte
Vita	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte
Wilde	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte	3 Objekte

Bei der Verarbeitung der Kunststoffe nach dem Stopf-Preß-Verfahren in der Kuvette und dem Hedent-Verfahren war mir das zahntechnische Labor der Johannes Gutenberg-Universität Mainz behilflich. Bei dem Extramat-Verfahren die Firma De Trey in 62 Wiesbaden, die das Extramat-Gerät zur Verfügung gestellt hat und bei dem Steamat-Verfahren die Firma Erkodent in 7293 Pfalzgrafenweiler, die das Gerät herstellt.

2.2. Die Verarbeitung der Kunststoffe

Die fünf K+B Kunststoffe bestehen aus einem Monomer- und einem Polymeranteil, die miteinander zu einem Kunststoffteig vermischt werden.

Diesen Kunststoffteig kann man auf zwei verschiedene Arten polymerisieren (ISSEL (8)):

1. Langzeitpolymerisation bei tiefen Temperaturen, 10 Stunden bei 70-80°C im Memmert-Schrank.

Vorteil: Verbesserung der Qualität durch Verlagerung der thermischen Spitze von 135°C in einen Temperaturbereich von 90°C, wodurch die Siedebblasenbildung des Monomers verhindert wurde. - Verringerung der Volumenänderung.

2. Naßpolymerisation bei hoher Temperatur nach der Firma Kulzer; Stadien:

- a) Über 30 Min. bis 70°C Wasserbad

bei etwa 60°C werden durch den Katalysator die Doppelbindungen gelöst und die Kettenbildung eingeleitet.

- b) 15 Min. auf 70°C Wasserbad

zur Überwindung der Phase der stürmischen Polymerisation, es entsteht vermehrt Reaktionswärme.

- c) Über 30 Min. bis 100°C Wasserbad

das Auspolymerisieren erfolgt dann, wenn die Reaktionswärme zum größten Teil - ca. bis 85% - verbraucht ist.

- d) 15 Min. auf 100°C Wasserbad.

- e) Langsames Abkühlen auf Zimmertemperatur.

2.3. Die einzelnen Herstellungsverfahren

1) Stopf-Preß-Verfahren in der Kuvette (Abb. 4)

Die Fassungen für die Kunststoffe werden zunächst mit Wachs modelliert und in die eine Kuvettenhälfte eingebettet. Nach Härten des Gipses wird der Gegen-
guß gemacht. Nach Entfernung des Wachses wird die Kuvette mit dem Kunststoffteig gepreßt, polymerisiert und anschließend ausgebettet. Diese Methode ist zeitraubend, umständlich und erschwert eine schnelle Korrektur. Eine anschließende Oberflächenbearbeitung ist notwendig (ISSEL (8)).

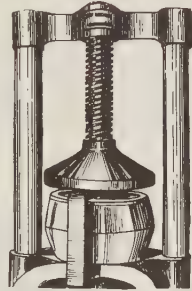


Abb. 4: Herkömmliche Kuvette nach ISSEL (8)

2) Hedent-Verfahren (Abb. 5)

Druck-Heiß-Polymerisation in Kompressionsflüssigkeit (Glyzerin- oder Glykolbad).

Dauer der Polymerisation: 15 Min.

Temperatur: 110°C

Druck: 7 atü (9)

Nachteil: Oberflächenschädigung des Materials durch das erhitzte Glyzerin. Glyzerin dringt zwischen Kunststoff und Metall ein und führt zur Verfärbung. Es kommt durch das ölige Glyzerin oder Glykol (KOPP (10)) zur Oberflächenbeschmutzung.

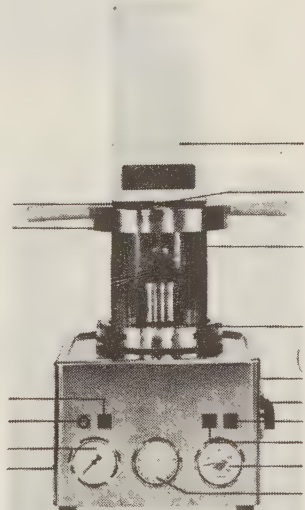


Abb 5: Hedent-Polymerisations-Automat UP 15 (9)

3) Extramat-Verfahren (Abb. 6)

Druck-Heiß-Polymerisation im Wasserbad.

Dauer der Polymerisation: 15 Min.

Temperatur: 93°C

Druck: 6 bar (11)

Nachteil: Wenn unter Druck im Temperaturbereich über dem Siedepunkt des Wassers gearbeitet wird, muß der Dampf abgekühlt werden, was aber viel Zeit in Anspruch nimmt. Wenn der Druckkessel sofort geöffnet wird, kann es durch die plötzlich eintretende Nachverdampfung des restlichen Wassers zu Verbrühungen kommen (KOPP (10)).

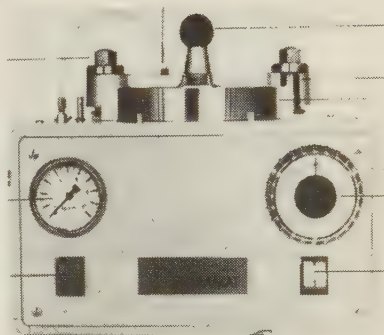


Abb. 6: Biodent-Extramat (11), Polymerisations-Automat Fa. De Trey, Wiesbaden

4) Steamat-Verfahren (Abb. 7)

Druck-Heiß-Polymerisation unter Wasserdampf.

Dauer der Polymerisation: 10-15 Min.

Temperatur: 115°C

Druck: 5 atü (12)

Das Gerät ist neu auf dem Markt und zeichnet sich durch große Betriebsicherheit aus. Die wasserdampfgesättigte Atmosphäre wird mit ca. 1 cm Wasser erreicht, dadurch kann es nicht zu einer Nachverdampfung des Wassers bei plötzlicher Druckentlastung des Kessels kommen.

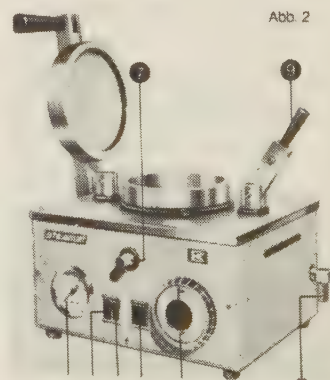


Abb. 7: Steamat-Gerät (12), Polymerisations-Automat, Fa. Erkodont, Pfalzgrafenweiler

2.4. Vorbereitung der Prüfobjekte

Die Prüfobjekte wurden nach der Polymerisation in Kunststoffwürfel eingebettet, deren Wände exakt rechtwinklig sein mußten (Abb. 8).

Dies war deshalb erforderlich, da die Kunststoffverblendungen zur Härteprüfung an ihren Labialflächen angeschnitten werden mußten und weil das Handmikrotom an den Seitenflächen angreift.



Abb. 8: Die Prüfobjekte

Dadurch konnten Meßflächen geschaffen werden, die parallel zu der Basisfläche der Würfel und senkrecht zur Achse des Eindringkörpers des Optidur-Gerätes liegen (SCHWALB (14)). Die Meßflächen hatten eine Größe von 3 x 3 mm, ausreichend für die Zahl der geplanten Messungen.

2.5. Zeitpunkte der Härtemessungen

RITZE (13) hat durch seine Versuche gezeigt, daß die Hälfte der Gesamtquellung der Kunststoffe mit 0,7 % nach 10 Tagen erreicht ist.

Das praktische Maximum der Gesamtquellung liegt nach 48 Tagen bei 1,5 %. Das absolute Maximum liegt im Unendlichen; deshalb wird es bei der Messung nicht berücksichtigt.

Die Messungen wurden 6 Wochen lang durchgeführt, und zwar in der Zeiteinteilung nach SCHWALB (14):

1. Messung - nach 1 Woche Trockenlagerung
2. Messung - nach 1 Woche Naßlagerung
3. Messung - nach 2 Wochen Naßlagerung
4. Messung - nach 3 Wochen Naßlagerung
5. Messung - nach 4 Wochen Naßlagerung
6. Messung - nach 5 Wochen Naßlagerung

Die Prüfobjekte wurden in Aqua bidest bei einer Temperatur von 20°C gelagert, wobei die Messungen in trockenem Zustand bei gleicher Zimmertemperatur ausgeführt wurden. Dadurch konnten wesentliche Temperaturunterschiede bei dem Meßvorgang ausgeschlossen werden.

2.6. Festlegung der Prüfpunkte und optische Messungen

Bei jedem Meßzeitpunkt (s. Seite 12) wurden bei jedem Prüfobjekt fünf Härteeindrücke ausgemessen. Die Auswertung erfolgte optisch durch das Mikroskop des Optidur-Gerätes. Mit der Skaleneinteilung wurde die Länge beider Diagonalen durch Schwenkung des Meßokulars um 90° abgelesen (Abb. 9 und 10). Die Länge der Diagonalen wurde in $1/1000$ mm abgelesen und aus den beiden Werten ein Mittelwert erstellt.

Aus der Diagonallänge und dem zugeschalteten Prüfungsgewicht kann man die Härte in einer Tabelle nachschlagen oder nach einer Formel errechnen (15):

$$HV = \frac{1854 \times p}{d^2}$$

HV = Vickershärte in kp/mm^2

p = Prüfkraft in pond

d = Länge der Eindruckdiagonale in $1/1000$ mm

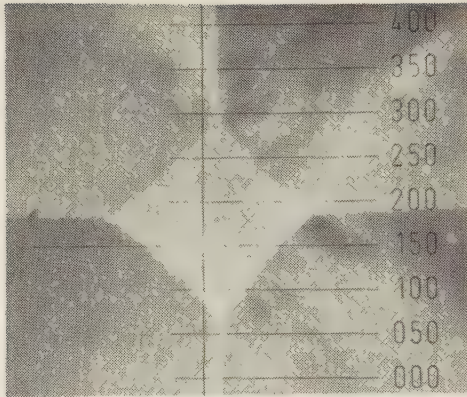


Abb. 9: Blick durch das Optidurgerät auf die Skala des Mikroskops

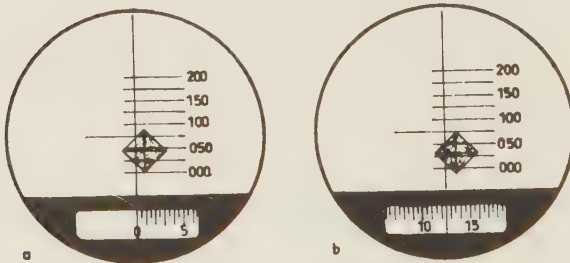


Abb. 10: Meßschema des Optidurgerätes

- a) Einstellung der unteren Spitze der Eindruckstelle auf Nulllinie
- b) Einstellung der oberen Spitze der Eindruckstelle auf die nächstuntere Skalenlinie. Die Differenz wird in der unteren Mikroskala abgelesen und zu dem ermittelten Wert aus der oberen Skala addiert (15)

2.7. Statistische Auswertung

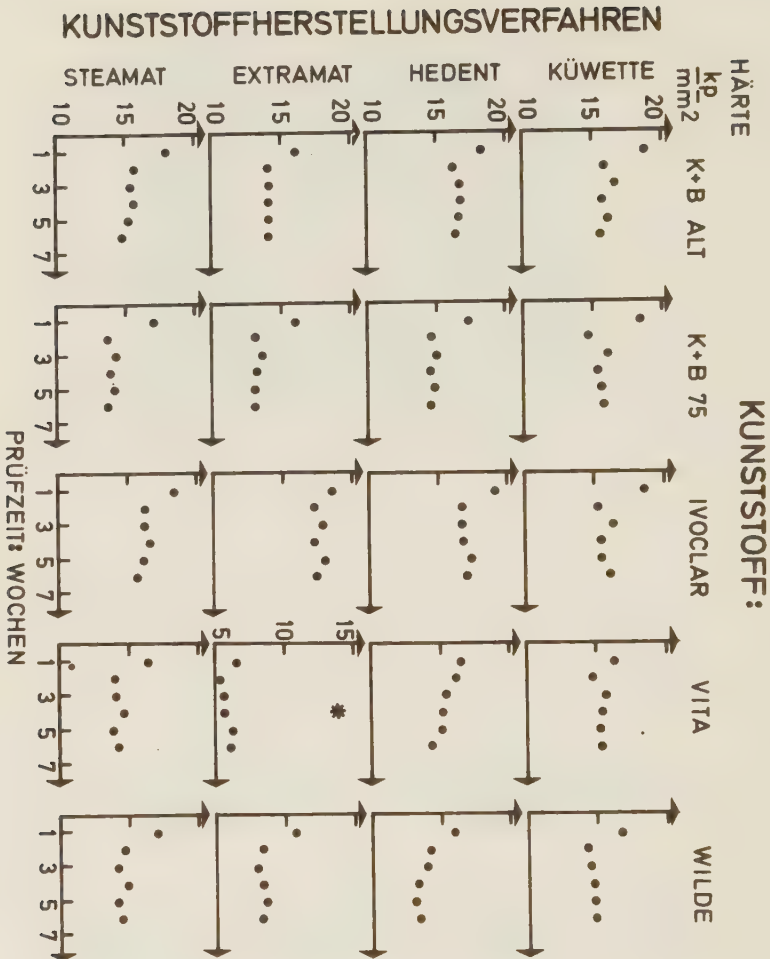
Bei jedem Herstellungsverfahren wurden die gleichen fünf Kunststoffe geprüft, wobei für jeden Kunststoff drei Prüfobjekte angefertigt wurden. An jedem Prüfobjekt wurden beim jeweiligen Zeitpunkt fünf Härteeindrücke ausgewertet, insgesamt 1800 innerhalb sechs Wochen.

Da das praktische Maximum der Gesamtquellung der Kunststoffe nach etwa 48 Tagen erreicht ist, wurden für die statistische Auswertung nur die Härtewerte der Kunststoffe beim letzten Meßzeitpunkt verwendet.

In der grafischen Darstellung der Meßergebnisse (Tab. 2) wurden die Mittelwerte von jeweils 15 Härteeindrücken pro Zeitpunkt für jedes Herstellungsverfahren und jeden Kunststoff wiedergegeben. Der erste Meßwert in der grafischen Darstellung kam nach einwöchiger Trockenlagerung, die Meßwerte der zweiten bis sechsten Woche nach ein- bis fünf-wöchiger Naßlagerung zustande. Bei der Mittelwertsbildung wurde der eventuelle Unterschied zwischen den Prüfobjekten innerhalb eines Kunststoffes und Verfahrens nicht berücksichtigt; dadurch standen 15 Meßwerte für jeden Kunststoff bei einem bestimmten Herstellungsverfahren zur Verfügung.

Die Härtemittelwerte der einzelnen Kunststoffe sind nach dem letzten Meßzeitpunkt, nach sechs Wochen Lagerung, in der Tab. 3 enthalten.

Für die statistische Auswertung wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Der Versuchsanordnung liegt eine zweistufige hierarchische Klassifikation zugrunde (Tab. 4).



Tab. 2: Härtemittelwerte nach 6-wöchentlichen Messungen von 5 Kunststoffen, die nach 4 verschiedenen Verfahren hergestellt worden sind.

* = Die Vickershärte des Vita-Kunststoffes bei Extramat-Herstellungsverfahren erforderte eine abgeänderte Skaleneinteilung.

Tab. 3: Härtemittelwerte der einzelnen Kunststoffe nach sechs Wochen Lagerung

Kunststoffe	Herstellungsverfahren				Anzahl der Messungen
	Klövette Mittelwert	Hedent Mittelwert	Extramatt Mittelwert	Steamatt Mittelwert	
Biodent K+B alt	15,80	16,45	14,34	14,93	15
Biodent K+B 75	15,98	14,71	13,29	13,75	15
Ivoclar	16,11	17,10	17,63	15,79	15
Vita	15,40	14,50	6,23	14,39	15
Wilde	14,93	13,55	13,39	14,58	15

Tab. 4: Zweistufige hierarchische Klassifikation für die Versuchsanordnung

Herstellungsverfahren der Kunststoffe

Hauptgruppen

Kunststoff 1 Kunststoff 2 Kunststoff 3 Kunststoff 4 Kunststoff 5

Untergruppen

Prüfobjekte

1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3

Beobachtungen

5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5

Es liegen drei Variationsursachen vor:

- a) Die Variabilität zwischen den Hauptgruppen, Kunststoffen
- b) Die Variabilität zwischen den Untergruppen, Prüfobjekten
- c) Die Variabilität innerhalb der Untergruppen, Prüfobjekten

Tab. 5: Übersicht über die Signifikanz der vier Varianzanalysen

Variabilitäts- ursache	Herstellungsverfahren			
	Küvette	Hedent	Extrammat	Steamat
zwischen den Kunststoffen	++	++	++	++
zwischen den Objekten innerhalb der Kunststoffe	++	++	—	—

++ Signifikant auf 1 % Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit

+ Signifikant auf 5 % Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit

— Nicht signifikant

Mit Hilfe der Varianzanalyse wird die Nullhypothese geprüft, ob die Mittelwerte der Härten bei den einzelnen Kunststoffen Prüfobjekten gleich sind.

Das Verfahren liefert eine Testgröße $F_{\text{errechnet}}$, und die einer F-Verteilung mit f_1 und f_2 Freiheitsgraden folgt.

Gilt $F_{\text{errechnet}} \geq F(\alpha, f_1, f_2)$,

dann wird die Nullhypothese verworfen.

Die Tabellen 6, 7, 8, 9 zeigen das Ergebnis der Varianzanalyse der Härtemessung.

Tab. 6: Varianzanalyse für 1, Verfahren-Küvette

Ursache der Variationen	Summe der Abweichungsquadrate	FG	Mittleres Abweichungsquadrat	F-Wert	Signifikanz
zwischen den Kunststoffen	13,8808	4	3,4702	43,5572	++
zwischen den Objekten innerhalb der Kunststoffe	2,3227	10	0,2323	2,9154	++
innerhalb der Objekte (Beobachtungswerte)	4,7800	60	0,0797		
Gesamt	20,9835	74			

Tabellierte F-Werte:

$$F(1\%; 4, 60) = 3,65$$

$$F(1\%; 10, 60) = 2,63$$

$$F(5\%; 4, 60) = 2,52$$

$$F(5\%; 10, 60) = 1,99$$

Tab. 7: Varianzanalyse für 2, Verfahren-Hedent

Ursache der Variationen	Summe der Abweichungs-quadrate	FG	Mittleres Abweichungs-quadrat	F-Wert	Signi-fikanz
zwischen den Kunststoffen	128,7435	4	32,1859	320,8001	++
zwischen den Objekten innerhalb der Kunststoffe	25,5720	10	2,5572	25,4879	++
innerhalb der Objekte (Beobach-tungswerte)	6,0200	60	0,1003		
Gesamt	160,3355	74			

Tab. 8: Varianzanalyse für 3, Verfahren-Extramat

Ursache der Variationen	Summe der Abweichungsquadrate	FG	Mittleres Abweichungsquadrat	F-Wert	Signifikanz
zwischen den Kunststoffen	1037,9128	4	259,4782	2247,1482	++
zwischen den Objekten innerhalb der Kunststoffe	1,4546	10	0,1455	1,2597	—
innerhalb der Objekte (Beobachtungswerte)	6,9280	60	0,1155		
Gesamt	1046,2955	74			

Tabellierte F-Werte: $F(1\%; 3,48) = 4,22$

$F(5\%; 3,48) = 2,80$

Tab. 9: Variananalyse für 4, Verfahren-Steamat

Ursache der Variationen	Summe der Abweichungs- quadrate	FG	Mittleres Abweichungs- quadrat	F-Wert	Signi- fikanz
zwischen den Kunststoffen	33,7885	4	8,4471	30,3493	++
zwischen den Objekten innerhalb der Kunststoffe	5,2853	10	0,5285	1,8989	—
innerhalb der Objekte (Beobach- tungswerte)	16,7000	60	0,2783		
Gesamt	55,7739	74			

Um die Unterschiede der Mittelwerte zu lokalisieren, wurde im Anschluß an die Varianzanalyse ein Test nach Tukey durchgeführt. In diesem Fall betrachtet man die Differenzen aller möglichen Paare von Mittelwerten. Nach Tukey wird eine Testgröße T berechnet. Durch den Vergleich der Mittelwertdifferenzen mit dieser Testgröße kann man entscheiden, ob sich die Differenzen signifikant von Null unterscheiden. Unterscheiden sich die Differenzen signifikant von Null, dann gilt, daß die zugehörigen Mittelwerte sich signifikant unterscheiden.

Bei 40 Mittelwerten sind 40 ($= 1/2 \times 20 \times 4$) Differenzen von allen möglichen Paaren von Mittelwerten zu betrachten. In den nachfolgenden Tabellen 10, 11, 12, 13 sind alle 40 möglichen Differenzen der Mittelwerte angegeben. Zunächst sind nochmals die Mittelwerte aufgeführt, dann in der Differenzendreiecksmatrix in der Zeile Nr. i und Spalte Nr. j ($i = j + 1, \dots$) die Differenz der Mittelwert Material Nr. i - Mittelwert Material Nr. j.

Die Testgröße T wird berechnet nach:

$$T = \frac{nQ(I)}{s \cdot m} \cdot q(\alpha, r, rs(m-1))$$

wobei

r = Anzahl der A-Klassen (Kunststoffe)

s = Anzahl der B-Klassen (Objekte)

m = Anzahl der Wiederholungen innerhalb
einer B-Klasse

α = Irrtumswahrscheinlichkeit

Mit diesen Testgrößen wurden die Absolutbeträge der Mittelwertsdifferenzen in den Tabellen verglichen. Die Ergebnisse sind unter den Differenzen angegeben.

Vergleich der Mittelwertdifferenzen

Nomenklatur: siehe Tabelle 5.

Tab. 10: Vergleichsmatrix der Mittelwertdifferenzen
für das 1, Verfahren-Küvette

Nr.	Kunst- stoff	Mittel- wert $\bar{x}$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_1$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_4$
1	Biodent K+B alt	15,80	0			
2	Biodent K+B 75	15,98	<u>0,18</u>	0		
3	Ivoclar	16,11	<u>0,31</u>	<u>0,13</u>	0	
4	Vita	15,40	-0,40 ++	-0,58 ++	-0,71 ++	0
5	Wilde	14,93	-0,87 ++	-1,05 ++	-1,18 ++	-0,47 ++

$$T(1\%) = 0,39$$

$$T = 0,3513$$

$$T(5\%) = 0,33$$

$$T(1\%; 5,60) = 0,3513$$

$$T(5\%; 5,60) = 0,2901$$

Tab. 11: Vergleichsmatrix der Mittelwertdifferenzen
für das 2, Verfahren-Hedent

Nr.	Kunst- stoff	Mittel- wert $\bar{x}$	$\bar{x}_i - \bar{x}_1$	$\bar{x}_i - \bar{x}_2$	$\bar{x}_i - \bar{x}_3$	$\bar{x}_i - \bar{x}_4$
1	Biodent K+B alt	16,45	0			
2	Biodent K+B 75	14,71	-1,74 ++	0		
3	Ivoclar	17,10	0,65 ++	2,39 ++	0	
4	Vita	14,50	-1,95 ++	-0,21 —	-2,60 ++	0
5	Wilde	13,55	-2,90 ++	-1,16 ++	-3,55 ++	-0,95 ++

$$T(1\%) = 0,39$$

$$T(1\%;) = 0,3941$$

$$T(5\%) = 0,33$$

$$T(5\%;) = 0,3255$$

Tab. 12: Vergleichsmatrix der Mittelwertdifferenzen
für das 3, Verfahren-Extramater

Nr.	Kunst- stoff	Mittel- wert $\bar{x}$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_1$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_4$
1	Biodent K+B alt	14,31	0			
2	Biodent K+B 75	13,29	-1,02 ++	0		
3	Ivoclar	17,63	3,32 ++	4,34 ++	0	
4	Vita	6,23	-8,08 ++	-7,06 ++	-11,40 ++	0
5	Wilde	13,39	-1,02 ++	0,10 —	-4,34 ++	7,06 ++

$$T(1\%) = 0,42$$

$$T(1\%; 5,60) = 0,4174$$

$$T(5\%) = 0,35$$

$$T(5\%; 5,60) = 0,3492$$

Tab. 13: Vergleichsmatrix der Mittelwertdifferenzen
für das 4, Verfahren-Steamat

Nr.	Kunst- stoffe	Mittel- wert $\bar{x}$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_1$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_4$
1	Biodent K+B alt	14,93	0			
2	Biodent K+B 75	13,75	-1,18 ++	0		
3	Ivoclar	15,79	0,86 ++	2,04 ++	0	
4	Vita	14,39	-0,54 +	0,64 +	-1,40 ++	0
5	Wilde	14,58	-0,35 <u> </u>	0,83 ++	-1,21 ++	0,19 <u> </u>

$$T(1\%) = 0,66$$

$$T(1\%;) = 0,6565$$

$$T(5\%) = 0,54$$

$$T(5\%;) = 0,5421$$

Übersicht über die Reihenfolge der Härte der Kunststoffe bei den einzelnen Verfahren:

Die Ergebnisse der Tab. 3 lassen sich gut veranschaulichen, wenn die Härtemittelwerte der Kunststoffe in eine Reihenfolge, von oben nach unten abnehmend, gebracht werden.

1, Verfahren: Kuvette			Reihenfolge des Härte- grades aufgrund des Tuckey-Testes:
<u>Kunststoff</u>	<u>Nr.</u>	<u>Härtemittelwert</u>	
Ivoclar	(3)	16,11	3,2,1
Bident K+B 75	(2)	15,98	
Bident K+B alt	(1)	15,80	4
Vita	(4)	15,40	
Wilde	(5)	14,93	5

Die Kunststoffe 3,2,1 bilden eine Gruppe, deren Werte sich nicht signifikant unterscheiden (Tab. 10).

Die Kunststoffe 4,5 zeigen einen signifikanten Unterschied zu der vorherstehenden Gruppe und auch zueinander (Tab.10).

2, Verfahren: Hedent			Reihenfolge des Härte- grades aufgrund des Tuckey-Testes:
<u>Kunststoff</u>	<u>Nr.</u>	<u>Härtemittelwert</u>	
Ivoclar	(3)	17,10	3
Bident K+B alt	(1)	16,45	
Bident K+B 75	(2)	14,71	1
Vita	(4)	14,50	
Wilde	(5)	13,55	2,4
			5

Die Kunststoffe 2,4 bilden hier eine Gruppe, deren Werte keinen signifikanten Unterschied aufweisen (Tab. 11).

Die Kunststoffe 3,1,5 zeigen zu dieser Gruppe und auch untereinander einen signifikanten Unterschied (Tab. 11).

3, Verfahren: Extramat

<u>Kunststoff</u>	<u>Nr.</u>	<u>Härtemittelwert</u>
Ivoclar	(3)	17,63
Biodent K+B alt	(1)	14,31
Wilde	(5)	13,39
Biodent K+B 75	(2)	13,29
Vita	(4)	6,23

Reihenfolge des Härte-
grades aufgrund des
Tuckey-Testes:

3
|
1
|
5,2
|
4

Die Kunststoffe 5,2 bilden hier eine Gruppe ohne signifi-
kanten Unterschied (Tab. 12).

Die Kunststoffe 3,1,4 zeigen zu dieser Gruppe und zuein-
ander einen signifikanten Unterschied (Tab. 12).

4, Verfahren: Steamat

<u>Kunststoff</u>	<u>Nr.</u>	<u>Härtemittelwert</u>
Ivoclar	(3)	15,79
Biodent K+B alt	(1)	14,93
Wilde	(5)	14,58
Vita	(4)	14,39
Biodent K+B 75	(2)	13,75

Reihenfolge des Härte-
grades aufgrund des
Tuckey-Testes:

3
|
1,5,4,2

Die Kunststoffe 1,5,4,2 bilden hier eine Gruppe ohne signi-
fikanten Unterschied (Tab. 13).

Der Kunststoff 3 zeigt zu dieser Gruppe einen signifikan-
ten Unterschied (Tab. 13).

Übersicht über die Reihenfolge der Härtemittelwerte der
Kunststoffe bei den einzelnen Verfahren:

1	Ivoclar - Extramat	17,63
2	Ivoclar - Hedent	17,10
3	Biodent - Hedent K+B alt	16,45
4	Ivoclar - Kuvette	16,11
5	Biodent - Kuvette K+B 75	15,98
6	Biodent - Kuvette K+B alt	15,80
7	Ivoclar - Steamat	15,79
8	Vita - Kuvette	15,40
9	Wilde - Kuvette	14,93
10	Biodent - Steamat K+B alt	14,93
11	Biodent - Hedent K+B 75	14,71
12	Wilde - Steamat	14,58
13	Vita - Hedent	14,50
14	Vita - Steamat	14,39
15	Biodent - Extramat K+B alt	14,31
16	Biodent - Steamat K+B 75	13,75
17	Wilde - Hedent	13,55
18	Wilde - Extramat	13,39
19	Biodent - Extramat K+B 75	13,29
20	Vita - Extramat	6,23

2.8. Ergebnisse und Diskussion

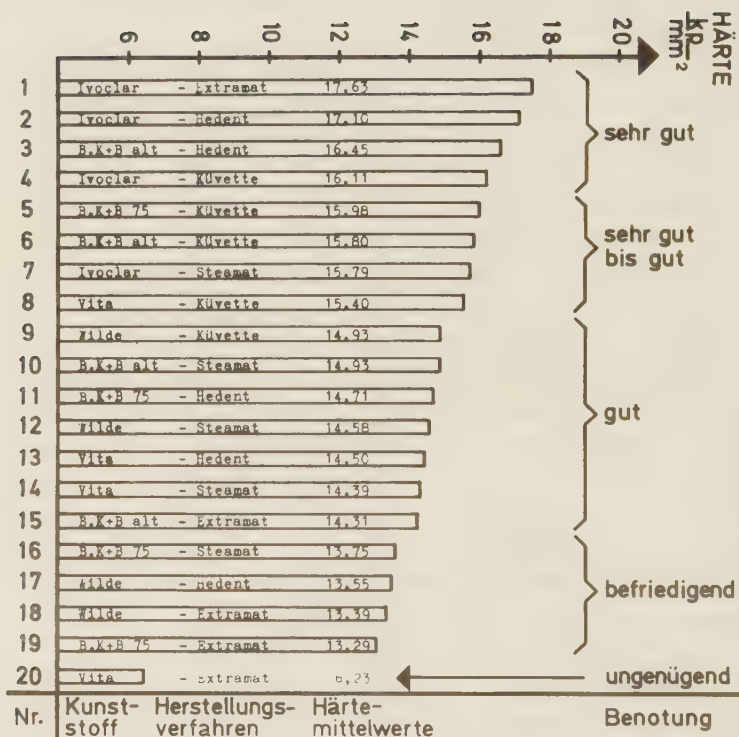
Die Härteuntersuchungen an dentalen Kunststoffen für Kronen- und Brückenverblendungen mit dem Optidur-Gerät ergab folgendes:

Härtester Kunststoff ist Ivoclar bei den Herstellungsverfahren-Hedent, -Extrammat und -Steamat. Bei dem Verfahren -Küvette bildet Ivoclar mit Biodent K+B 75 und Biodent K+B alt eine Gruppe, die signifikant härter ist als Vita und Wilde (siehe Seite 28 und 29).

Die grafische Darstellung der Härtewerte (Tab. 14) verdeutlicht, daß der Kunststoff Ivoclar am besten abgeschnitten hat. Dieser Kunststoff erzielte mit dem Verfahren-Extrammat den besten Härtewert, dicht danach mit dem Verfahren-Hedent, dann folgen die Werte mit dem Verfahren-Küvette und -Steamat. Diese Ergebnisse zeigen, daß der Härtewert der Kunststoffe von dem Herstellungsverfahren beeinflußt wird.

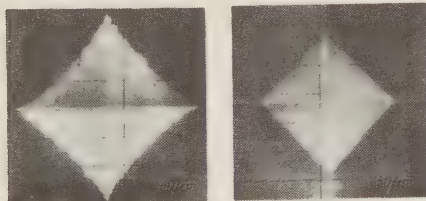
Aufgrund der Richtgröße von 15 kp/mm^2 Härte, die sich in der Praxis der Kunststoffe als vertretbar durchgesetzt hat, kann man an Hand der Tab. 14 für die untersuchten Kunststoffe folgende Benotung vornehmen:

Die folgenden vier Kombinationen von Kunststoffen und Herstellungsverfahren: Ivoclar-Extrammat, Ivoclar-Hedent, Biodent K+B alt-Hedent, Ivoclar-Küvette haben Werte erreicht, die die Note sehr gut verdienen. Den folgenden Kombinationen: Biodent K+B 75-Küvette, Biodent K+B alt-Küvette, Ivoclar-Steamat, Vita-Küvette kann die Note gut bis sehr gut gegeben werden. Die Kunststoffe Wilde-Küvette, Biodent K+B alt-Steamat, Biodent K+B 75-Hedent, Wilde-Steamat, Vita-Hedent, Vita-Steamat, Biodent K+B alt-Extrammat haben diese Werte nicht erreicht, sie verdienen aber noch die Note gut. Biodent K+B 75-Steamat, Wilde-Hedent, Wilde-Extrammat, Biodent K+B 75-Extrammat schnitten nicht so gut ab, hier kann nur die Note befriedigend vergeben werden. Im großen Abstand, auf der letzten Stelle liegt der Kunststoff Vita-Extrammat mit einem Härtewert, der nur die Benotung ungenügend ermöglicht.



Tab. 14: Grafische Darstellung der Härte der Kunststoffe

Von den vier Verfahren, die für die Verarbeitung der Kunststoffe herangezogen wurden, haben Küvette und Hedent die besseren Durchschnittswerte aufzuweisen. Ihnen folgt dicht das Verfahren-Steamat und in kleinem Abstand das -Extramat (siehe S. 28 und 29). Hier läßt sich bemerken, daß auf die Aussagekraft der gemessenen Härtewerte etwas beeinträchtigend die Tatsache wirkt, daß die Härtewerte zwischen den Prüfobjekten von ein- und demselben Kunststoff, hergestellt nach ein- und demselben Verfahren, sich unterscheiden. Dies war besonders bei den Verfahren -Küvette und -Hedent zu beobachten (Tab. 15 und 16). Diese Schwankungen wurden bei der statistischen Auswertung durch Mittelwertbildungen von jeweils drei zueinander gehörenden Prüfobjekten ausgeschaltet.



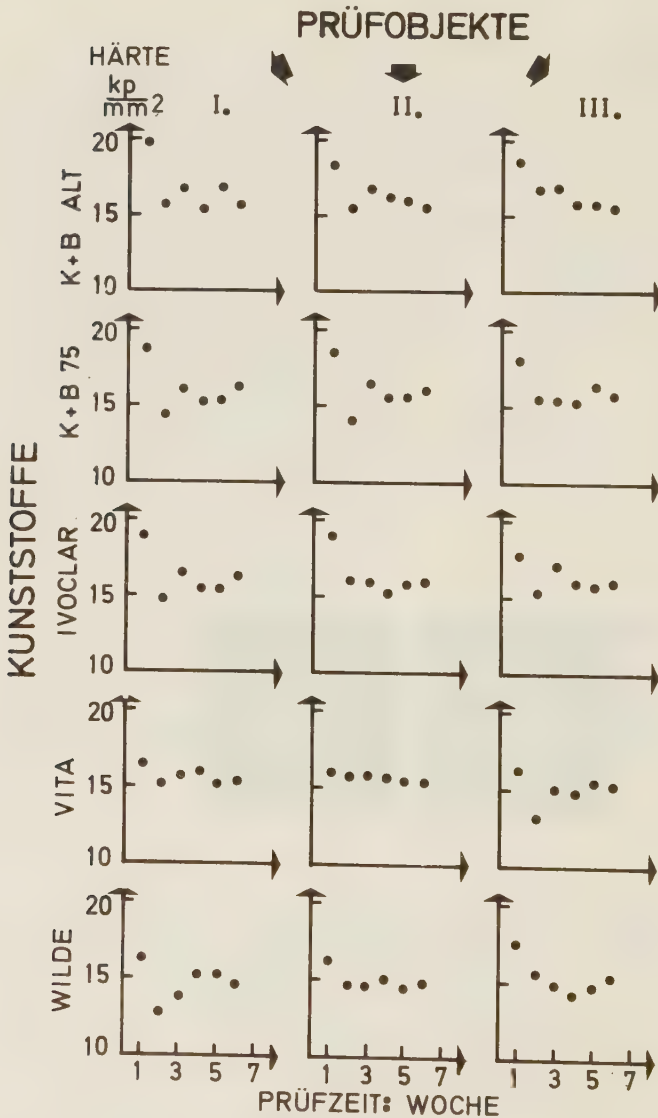
a)

b)

Abb. 11: Photo durch das Optidurgerät
auf die Eindruckstelle des
Prüfobjektes, nach MÜLLER (2)

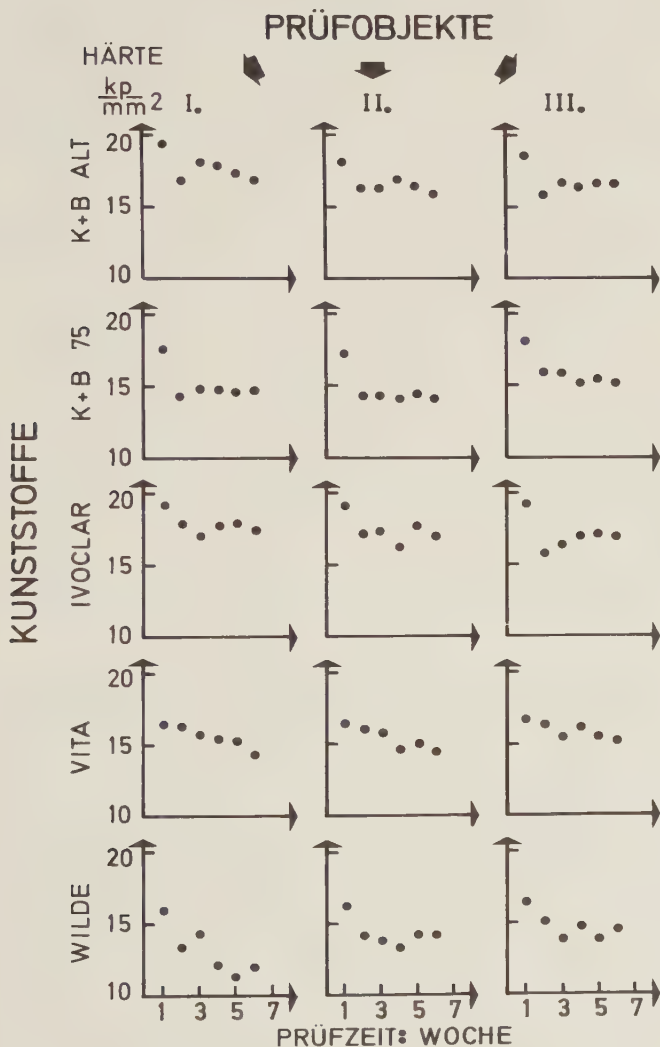
- a) Randgestaltung zerfranst
= inhomogene = schlechtere Qualität
- b) Randgestaltung glatt
= homogene = gute Qualität

KUNSTSTOFFHERSTELLUNGSVERFAHREN KÜVETTE



Tab. 15: Grafische Darstellung der Härtewerte der einzelnen Prüfobjekte. Hier zeigt sich, daß die Prüfobjekte desselben Kunststoffes sogar untereinander unterschiedliche Härtemeßwerte aufweisen.

KUNSTSTOFFHERSTELLUNGSVERFAHREN HEDENT



Tab. 16: Grafische Darstellung der Härtewerte der einzelnen Prüfobjekte. Hier zeigt sich, daß die Prüfobjekte desselben Kunststoffes sogar untereinander unterschiedliche Härtemeßwerte aufweisen.

3. Zusammenfassung

Einleitend wurde die Fragestellung dieser Arbeit und die Härteuntersuchung der dentalen Kunststoffe sowie ihre Problematik beschrieben. Es wurde hier die Kleinlast-Härtemeßmethode nach MÜLLER (2) mit dem Optidur-Härtemeßgerät der Firma Göttfert, 6967 Buchen, angewandt, um den Einfluß des Deformationsverhaltens der Kunststoffe auf die Härtemessungen auszuschließen. Mit vier verschiedenen Herstellungsverfahren wurden fünf Kunststoffe, die im Handel für Verblendungen von Kronen und Brücken angeboten werden, für die Anfertigung von 60 Prüfobjekten verwandt. Die Prüfobjekte wurden eine Woche trocken und fünf Wochen naß in Aqua bidest. gelagert. Wöchentlich wurde die Härte gemessen. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet.

Ergebnis: Ivoclar war der härteste Kunststoff bei den Herstellungsverfahren Hedent, Extramat und Steamat sowie beim Verfahren Kuvette gemeinsam mit Biodent K+B 75 und Biodent K+B alt. Betrachtet man die Härtewerte der vier verschiedenen Herstellungsverfahren, dann ergibt sich ein guter Durchschnitt für "Kuvette" und "Hedent", dicht gefolgt von "Steamat", wobei an der letzten Stelle "Extramat" zu finden ist.

Der Mittelwert der Härte der Kunststoffe bei den vier Herstellungsverfahren ergab folgendes: Ivoclar-Extramat, Ivoclar-Hedent, Biodent K+B alt-Hedent und Ivoclar-Kuvette haben sich als sehr hart erwiesen. Nicht so hart waren die Kunststoffe Biodent K+B 75-Kuvette, Biodent K+B alt-Kuvette, Ivoclar-Steamat, Vita-Kuvette. In größerem Abstand folgen die Kunststoffe Wilde-Kuvette, Biodent K+B alt-Steamat, Biodent K+B 75-Hedent, Wilde-Steamat, Vita-Hedent, Vita-Steamat, Biodent K+B alt-Extramat, Biodent K+B 75-Steamat, Wilde-Hedent, Wilde-Extramat und Biodent K+B 75-Extramat. Der Härtewert vom Kunststoff Vita-Extramat war am geringsten. Die einzelnen Kunststoffe unterscheiden sich also in ihren Härtewerten, wie auch die Härte des jeweiligen Kunststoffs vom Herstellungsverfahren beeinflußt wird.

3.1. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abb. 1	Seite 4
Abb. 2	" 5
Abb. 3	" 6
Abb. 4	" 9
Abb. 5	" 9
Abb. 6	" 10
Abb. 7	" 10
Abb. 8	" 11
Abb. 9	" 14
Abb. 10	" 14
Abb. 11	" 33
Tab. 1	" 7
Tab. 2	" 16
Tab. 3	" 17
Tab. 4	" 17
Tab. 5	" 18
Tab. 6	" 19
Tab. 7	" 20
Tab. 8	" 21
Tab. 9	" 22
Tab. 10	" 24
Tab. 11	" 25
Tab. 12	" 26
Tab. 13	" 27
Tab. 14	" 32
Tab. 15	" 34
Tab. 16	" 35

3.2. Literaturverzeichnis

- 1 Marx, H.: Zur Beurteilung der Härte von Kunststoff-Verblendungen. Zahnärztl. Welt 12, 615-618 (1973)
- 2 Müller, K.: Anwendung einer neuentwickelten Kleinlast-Härtemeßmethode auf der Basis des Vickers-Verfahrens. Kunststoffe 60, 265-273 (1970)
- 3 Weingraber, H.v.: Technische Härtemessung. Hanser Verlag, München 1952
- 4 Marx, H.: Über die Härteuntersuchung zahnärztlicher Kunststoffe. Stoma (Heidelberg) 17, 234-246 (1964)
- 5 Mott, B.W.: Die Mikrohärteprüfung. Berliner Union, Stuttgart 1957
- 6 Kafalias, M.C., Schwartz, M.L.u. Phillips, R.W.: Physical properties of selected dental resins, part I J. prosth. Dent. 13, 1087 (1963)
- 7 Marx, H. und Müller, K.: Ein neues Härtemeßverfahren und seine Anwendung bei der Untersuchung dentaler Kunststoffe. Dtsch.zahnärztl. Z. 26, 758 (1971)
- 8 Issel, P.: Zahnärztliche Technik. Berlinische Verlagsanstalt GmbH Berlin (1965)
- 9 De Trey GmbH 6200 Wiesbaden: Bedienungsanleitung Hedent Polymerisations-Automat UP 15 (MS)
- 10 Kopp, E.: Neue Wege in der Druck-Polymerisations-Technik von K+B Kunststoffen. Dental-Labor 7, (1973) Sonderdruck

Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Professor Dr. med. dent. H. Marx
für die Überlassung des Themas, die vielfältigen Unterstützungen und die stets freundliche Hilfe während der Abfassung der Arbeit.

Frau Dipl.-Physikerin Hahn für die Beratung bei der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse.

Den Firmen De Trey GmbH, Wiesbaden, Erkodent-Dental-fabrikation, Pfalzgrafenweiler, Vita Zahnfabrik, Säcking, Deutsche Ivoclar Dental AG, Ellwangen, Wilde Zahnfabrik, Walluf, Göttfert GmbH, Buchen, für die Hilfsbereitschaft und die Bereitstellung von Arbeitsmittel und Geräten.

Lebenslauf

des Péter R e m e k , geb. 18. 8. 1946 in Rákosliget/
Budapest, Ungarn

Staatsangehörigkeit: ungarisch

Eltern: István Remek, geb. 9. 4. 1915 in Kerepes/Ungarn,
Angestellter

Kornélia Remek, geb. Köblös, geb. 26. 6. 1923 in
Ocsa/Ungarn, Angestellte

Schulbesuche:

1952-1960 Volksschule in Budapest

1960-1964 Staatl.Gymnasium in Cinkota/Budapest

Juni 1964 Ablegung der Reifeprüfung in
Cinkota/Budapest

Oktober 1964 Übersiedlung in die Bundesrepublik
Deutschland

1964 - 1966 Tätigkeit zur Gewährleistung des Lebens-
unterhaltes.

Studiengang:

Oktober 1966 - September 1967 Studienkolleg in Mainz
ab WS 1967/68 Beginn des Studiums der Zahnmedizin
in Mainz

Oktober 1968 naturwissenschaftliche Vorprüfung

Oktober 1970 zahnärztliche Vorprüfung

17. Juli 1973 zahnärztliche Prüfung

ab SS 1971 Beginn des Studiums der Medizin in Mainz

September 1971 naturwissenschaftliche Vorprüfung für
Medizin

Oktober 1972 ärztliche Vorprüfung

WS 1974/1975 Studium der Medizin im 10. Semester

Seit 1. Mai 1974 arbeite ich als Assistent bei
Dr. med.dent. G. Engelhardt in 62 Wiesbaden, Bismarck-
ring 2.

